

PAT-NO: JP411239888A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11239888 A

TITLE: LASER BEAM WELDING STRUCTURE FOR
METALLIC MEMBER AND ITS
METHOD, AND FUEL INJECTION VALVE

PUBN-DATE: September 7, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
URUSHIZAKI, MAMORU	N/A
OGATA, TAKASHI	N/A
OMI, YOSHINORI	N/A
SHIRAI, HIDEAKI	N/A
NIWA, YUTAKA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DENSO CORP	N/A

APPL-NO: JP10325285

APPL-DATE: November 16, 1998

INT-CL (IPC): B23K026/00, B23K026/00 , F02M051/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser beam welding structure having a sound fused and solidified part without a weld crack or the like even though the material of metallic members are different and its laser beam welding method.

SOLUTION: A first member 11 and a second member 12 consisting of different

kinds of metallic materials are superposed, the surface of the first member 11 is irradiated with laser beams to form a used and solidified part 2. In such a case, the fused and solidified part 2 is provided with a nearly inverse triangular cross section shape the width of which gradually becomes narrow from the surface side of the first member 11 toward its internal part and also provided with a low hard layer 21 in the surface side and a high hard layer 22 in the internal part side. A the high hard layer 22 is composed of a welding structure wherein a first layer 23 and a second layer 24 the hardness of which is lower than that of the first layer 23 are alternately and repeatedly laminated in the weld advancing direction.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-239888

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51) Int.Cl.⁴

B 2 3 K 26/00

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 26/00

3 1 0 G

3 1 0 S

N

F 0 2 M 51/06

F 0 2 M 51/06

C

// B 2 3 K 103: 18

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-325285

(22) 出願日 平成10年(1998)11月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-362595

(32) 優先日 平9(1997)12月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 漆崎 守

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72) 発明者 緒方 敬

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72) 発明者 近江 義典

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74) 代理人 弁理士 高橋 祥泰

最終頁に続く

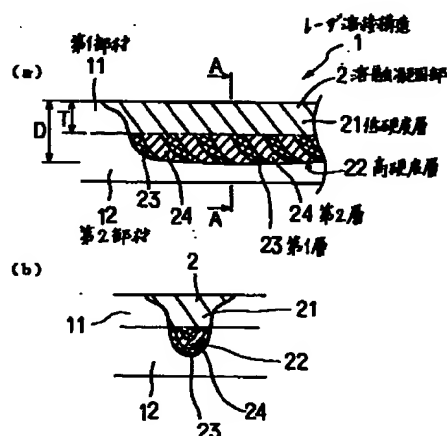
(54) 【発明の名称】 金属部材のレーザ溶接構造および方法、並びに燃料噴射弁

(57) 【要約】

【課題】 異種材質の金属部材であっても、溶接割れ等のない健全な溶融凝固部を有するレーザ溶接構造及びそのレーザ溶接方法を提供すること。

【解決手段】 異種材質の金属材料よりなる第1部材11と第2部材12とを重ね合わせ、第1部材11の表面にレーザ光を照射して溶融凝固部2を形成する。この際、溶融凝固部2は、第1部材12の表面側から内部に向けて徐々に幅が狭くなる略逆三角形の断面形状を有していると共に、その表面側には低硬度層21を内部側には高硬度層22を有している。そして、この高硬度層22は、第1層23と該第1層23よりも硬度が低い第2層24とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなる溶接構造とする。

(図1)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 異種材質の金属材料よりなる第1部材と第2部材とを重ね合わせ、上記第1部材の表面にレーザ光を照射して溶融凝固部を形成してなる溶接構造において、上記溶融凝固部は、上記第1部材の表面側から内部に向けて徐々に幅が狭くなる略逆三角形の断面形状を有していると共に、その表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有しており、かつ、上記高硬度層は、第1層と該第1層よりも硬度が低い第2層とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなることを特徴とする金属部材のレーザ溶接構造。

【請求項2】 請求項1において、上記第2部材は上記第1部材よりも耐溶接割れ性が低いことを特徴とする金属部材のレーザ溶接構造。

【請求項3】 請求項1又は2において、上記第1部材はフェライト系ステンレス鋼又は低炭素鋼であり、一方、上記第2部材はマルテンサイト系ステンレス鋼又は高炭素鋼であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接構造。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項において、上記溶融凝固部の深さは、上記第1部材の厚みの1.1～2.2倍であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接構造。

【請求項5】 異種材質の金属材料よりなる第1部材と第2部材とを重ね合わせ、上記第1部材の表面にレーザ光をパルス的に照射して溶融凝固部を形成するレーザ溶接方法において、上記レーザ光の照射は、第1パルスのレーザ光により上記第1部材及び上記第2部材を溶融させてなる第1溶融部を形成した後、該第1溶融部の凝固の成長がレーザ光軸の移動距離に達するまでに第2パルスのレーザ光の照射を開始すると共に、該第2パルスのレーザ光により上記第1溶融部と一部重なるように第2溶融部を形成し、次いで、順次同様に第3以降のパルスのレーザ光を所定のインターバルでオン・オフしながら照射することにより、表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有しており、かつ、上記高硬度層は、第1層と該第1層よりも硬度が低い第2層とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなる溶融凝固部を形成することを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項6】 請求項5において、上記レーザ光のパルス周波数は100Hz以上であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項7】 請求項5又は6において、上記レーザ光のパルスは、レーザ光を発射し続ける時間であるオン時間を T_{ON} 、レーザ光を止めている時間であるオフ時間を T_{OFF} とした場合、 $(T_{ON} / (T_{ON} + T_{OFF})) \times 100$ により示されるパルスオンデューティが30～75%であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項8】 請求項5～7のいずれか1項において、上記レーザ光は、上記第1部材と上記第2部材との接合

界面の溶接速度が5mm/秒以上となるように照射することを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項9】 請求項5～8のいずれか1項において、上記レーザ光は、溶融部の深さが上記第1部材の厚みの1.1～2.2倍となるように照射することを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項10】 請求項5～9のいずれか1項において、上記溶融部は、上記レーザ光のパルス周期に合わせてその周期毎に段階的に凝固を進行させ、かつ、各周期毎の凝固長さは、レーザ光の移動方向において100μm以下であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項11】 請求項5～10のいずれか1項において、上記レーザ光がパルス・インターバル時間内に移動する距離は、上記溶融部接合界面の幅寸法の1/5以下であることを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項12】 請求項5～11のいずれか1項において、上記レーザ光のパルス平均出力は、スロープ状又はステップ状に低下させて、上記溶融部の溶融深さが所定深さの範囲内に収まるように制御することを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項13】 請求項5～12のいずれか1項において、溶接終端部においては、上記レーザ光の平均出力をスロープ状に低下させてから上記レーザ光の照射を終了させることを特徴とする金属部材のレーザ溶接方法。

【請求項14】 燃料を供給するための燃料供給路を有する固定コアと、該固定コアを囲うハウジングと、該ハウジングの先端に設けられ上記燃料を噴出するための噴出口を有する弁ボディと、該弁ボディ内において上記噴出口を開閉するよう進退可能に設けられたニードル弁と、該ニードル弁に接合されていると共に上記ハウジング内において電磁力により進退可能に設けられた可動コアとを有する内燃機関用の燃料噴射弁において、上記ニードル弁と上記可動コアとの接合は、請求項5～13のいずれか1項に記載の金属部材のレーザ溶接方法を用いて行っていることを特徴とする内燃機関用の燃料噴射弁。

【請求項15】 請求項14において、上記可動コアは、内孔を有する円筒状の接合筒部を有し、一方、上記ニードル弁は上記接合筒部の内孔内に挿入可能な接合端部を有し、両者は、上記接合筒部の内孔内に上記接合端部を挿入した状態で上記接合筒部の外方からその表面にレーザ光を照射して上記溶融凝固部を形成してなることを特徴とする内燃機関用の燃料噴射弁。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、例えば磁性材料と摺動部材との接合等の異種金属部材の接合技術に関するものであり、レーザ接合技術における健全な溶接構造及びその溶接方法に関するものである。

【0002】

【従来技術】例えば、図10に示すごとく、磁気駆動アクチュエータの駆動部分は耐摩耗性に優れた摺動部材91と磁気特性に優れた磁性部材92の組み合わせにより成り立っている。この組み合わせには各種接合法が用いられている。代表的な接合法としては、図11に示すごとく、機械的かしめ法がある。即ち、摺動部材91の接合部に予め凹部915を設けておき、磁性部材92を被せて外部からしごくことにより、磁性部材92の内面

部が凹部915にめり込んで摺動部材91と磁性部材92とが接合される。しかしながら、この方法においては、かしめ強度が低く接合信頼性に劣るという欠点がある。

【0003】また、いわゆるろう付け法もある。しかしながら、この接合法においては、部材全体を加熱する必要があるので、耐摩耗材の焼き入れ硬化効果が低下し、また熱歪みによる寸法精度悪化等の特性上の問題が生じ加工コスト的にも不利となる。

【0004】

【解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のレーザー溶接により得られた溶接構造においては、次の問題がある。即ち、例えば、磁性部材と摺動部材とをレーザー溶接する場合を例にとれば、磁性部材としてはフェライト系ステンレス鋼またはニッケル鉄系材料が、摺動部材としては焼き入れ硬化性に優れたマルテンサイト系ステンレス等の高炭素鋼が通常用いられる。

【0005】上記フェライト系ステンレス鋼やニッケル鉄系材料は、比較的良好な溶接性を有しているものの、上記マルテンサイト系ステンレス鋼等の高炭素鋼は溶接性が悪く、溶接割れを発生しやすい。そのため、これらの異種金属部材をレーザー溶接した場合には、溶接性の悪い高炭素鋼の影響により、その溶融凝固部に溶接割れ欠陥を生じる可能性が高い。具体的には、図13、図14に示すごとく、溶融凝固部2に割れ99が所々生じる場合がある。

【0006】この溶接割れを防止するためには、(a)摺動部材の溶融深さを低下させ磁性材料の溶融体積比率を高め溶融部内の割れ成分である炭素成分量を低下させる方法、(b)磁性材料をパーマロイ等の高ニッケル鋼に変更して溶接性を向上させる方法、および摺動部材の炭素成分を低下する方法、(c)溶融凝固部に引張応力が生じにくい溶接継手とする方法、等が考えられる。

【0007】しかしながら、上記(a)～(c)の方法

においては新たな問題が生じ、根本的な対策とはならない。即ち、(a)の方法は溶融部深さおよび溶融部硬さが低下し溶接強度が不安定となり信頼性に欠ける。

(b)の方法は磁気特性の低下および材料費のアップを伴う。さらに(c)の方法は製品設計上の自由度を阻害し製品構造、コスト的に不利となる。このような問題は、磁性部材と摺動部材とのレーザー溶接の場合に限らず、種々の異種金属材料のレーザー溶接においても同様である。

【0008】本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、異種材質の金属部材であっても、溶接割れ等のない健全な溶融凝固部を有する、レーザー溶接構造及びそのレーザー溶接方法を提供しようとするものである。

【0009】

【課題の解決手段】請求項1の発明は、異種材質の金属材料よりなる第1部材と第2部材とを重ね合わせ、上記第1部材の表面にレーザー光を照射して溶融凝固部を形成してなる溶接構造において、上記溶融凝固部は、上記第1部材の表面側から内部に向けて徐々に幅が狭くなる略逆三角形の断面形状を有していると共に、その表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有しており、かつ、上記高硬度層は、第1層と該第1層よりも硬度が低い第2層とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなることを特徴とする金属部材のレーザー溶接構造にある。

【0010】本発明において最も注目すべきことは、上記溶融凝固部は、上記略逆三角形(例えばワインカップ形状)の断面形状を有していると共に、上記低硬度層と高硬度層とを有していることである。そして、上記低硬度層は上記溶融凝固部における表面側に、上記高硬度層は溶融凝固部の内部側に位置する。即ち、低硬度層は逆三角形の底辺寄りの幅広部分に、高硬度層は頂点寄りの狭幅部分に位置する。

【0011】さらに注目すべきことは、上記高硬度層は、溶接進行方向に上記第1層と第2層とを交互に積層して構成されており、かつ、上記第2層は上記第1層よりも硬度が低いことである。

【0012】次に、本発明の作用効果につき説明する。本発明のレーザー溶接構造においては、上記溶融凝固部が上記略逆三角形を有していると共に、その表面側に上記低硬度層を、内部側に上記高硬度層を有している。さらに、この高硬度層は上記第1層と第2層とを交互に積層してなる。そのため、本発明のレーザー溶接構造は、溶接割れ等の欠陥を有しない健全な構造となる。

【0013】この理由は次のように考えられる。即ち、レーザー溶接時の溶融部が凝固する際には、その熱収縮によって溶融凝固部に強い引張応力が発生する。この引張応力は溶融凝固部のうち幅の広い表面側において最も大きくなる。

【0014】本発明においては、溶融凝固部の表面側に

は上記低硬度層を配している。この低硬度層は、上記高硬度層に対して硬度が低く、靱性に優れた性質を有している。そのため、低硬度層を有する溶融凝固部は、冷却時の引張応力に十分に耐えることができ、従来のような溶接割れを発生することがないと考えられる。

【0016】また、溶融凝固部の内部側においては、その溶融幅が狭く熱収縮時の発生応力は表面側に対して小さいが、靱性が低すぎる場合には耐溶接割れ性等が低下する。これに対し、本発明においては、溶融凝固部の内側部に上記第1層と第2層とを交互に積層させてなる高硬度層を設けている。そして、硬度が低い第2層は、優れた靱性を発揮するので、その介在により高硬度層全体の靱性を従来より大幅に向上させる。それ故、溶融凝固部の内側部においても従来のような溶接割れを発生させることがない。

【0017】なお、溶融凝固部における上記低硬度層と高硬度層との形成及び該高硬度層内における上記第1層と第2層の交互組織の形成は、例えば後述する発明にかかるレーザ溶接方法等によって実現することができる。

【0018】したがって、本発明によれば、異種材質の金属材料であっても、溶接割れ等のない健全な溶融凝固部を有する、レーザ溶接構造を提供することができる。

【0019】次に、請求項2の発明のように、上記第2部材は上記第1部材よりも耐溶接割れ性が低い場合には、特に上記効果を有効に発揮させることができる。即ち、第1部材としては溶接割れ性が比較的優れた材料を、第2部材としてはこれよりも溶接割れ性が低い材料を使用した場合に、溶接割れを発生させることなく上記溶融凝固部を形成することができる。

【0020】また、請求項3の発明のように、上記第1部材はフェライト系ステンレス鋼又は低炭素鋼であり、一方、上記第2部材はマルテンサイト系ステンレス鋼又は高炭素鋼とすることができる。即ち、従来、フェライト系ステンレス鋼又は低炭素鋼とマルテンサイト系ステンレス鋼又は高炭素鋼とのレーザ溶接を行った場合には、溶接割れが生じることが多かった。これに対して、溶融凝固部の構造を本発明の構造とすることにより、溶接割れの抑制を図ることができる。ここで、高炭素鋼とは、炭素を0.2%以上含有するものをいう。

【0021】また、請求項4の発明のように、上記溶融凝固部の深さは、上記第1部材の厚みの1.1~2.2倍であることが好ましい。1.1倍未満の場合には、十分な接合強度が得られないという問題があり、一方、2.2倍を超える場合には、第2部材である高炭素鋼成分の影響が溶融部上部にまで及び、有効な低硬度層の形成を得ることができないという問題がある。

【0022】次に、上記の優れたレーザ溶接構造を得る方法としては、次の発明がある。即ち、請求項5の発明のように、異種材質の金属材料よりなる第1部材と第2部材とを重ね合わせ、上記第1部材の表面にレーザ光を

パルス的に照射して溶融凝固部を形成するレーザ溶接方法において、上記レーザ光の照射は、第1パルスのレーザ光により上記第1部材及び上記第2部材を溶融させる第1溶融部を形成した後、該第1溶融部の凝固の成長がレーザ光軸の移動距離に達するまでに第2パルスのレーザ光の照射を開始すると共に、該第2パルスのレーザ光により上記第1溶融部と一部重なるように第2溶融部を形成し、次いで、順次同様に第3以降のパルスのレーザ光を所定のインターバルでオン・オフしながら照射することにより、表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有しており、かつ、上記高硬度層は、第1層と該第1層よりも硬度が低い第2層とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなる溶融凝固部を形成することを特徴とする金属材料のレーザ溶接方法がある。

【0023】本レーザ溶接方法において最も注目すべきことは、上記レーザ光の照射タイミングを上記のごとく制御することである。以下、本発明の内容を作用効果と共に説明する。本発明においては、まず第1パルスのレーザ光により上記第1溶融部を形成する。この第1溶融部は、第1パルスのレーザ光の照射が停止した直後から自己放熱により凝固を開始する。次いで、第2パルスのレーザ光は、第1溶融部の凝固の成長がレーザ光軸の移動距離に達するまでに照射を開始する。

【0024】これにより、第1溶融部の凝固は、上記第2パルスのレーザ光を照射するまでは従来と同様に急冷凝固され、一方、第2パルスのレーザ光を照射開始した後にはその入熱により凝固速度が緩和された状態で凝固・冷却（緩冷凝固・冷却）が進行する。また、これと並行して第2溶融部が形成される。

【0025】また、上記第1溶融部の凝固の成長方向は、上記第2パルスのレーザ光の入熱による温度勾配によって、溶接の進行方向となる。そのため、上記第1部材を主体として構成される溶融部分と、上記第2部材を主体として構成される溶融部分とがあまり混じり合うことなく凝固し、さらに表面側の溶融体積が大きく凝固・冷却速度が内部側に対して遅いため表面側の低硬度層と内部側の高硬度層が形成されていく。

【0026】また、第2パルスのレーザ光の照射位置は、第1パルスの照射位置から溶接方向に向けて移動させ、第1溶融部と一部重なるように第2溶融部を形成する。またこの第1溶融部と第2溶融部とのずれ量によって、上記緩冷凝固・冷却部の大きさが決定される。

【0027】次に、第2溶融部は、上記第2パルスのレーザ光照射が停止した直後に、急冷凝固を開始する。そして、上記と同様に、第2溶融部の急冷凝固の成長がレーザ光軸の移動距離未満の時点で第3パルスのレーザ光を照射する。これにより、第2溶融部は、第3パルスのレーザ光からの入熱により、凝固・冷却速度を緩和した状態で凝固・冷却を進行させる。また、これと並行して第3溶融部が形成される。

【0028】また、第3パルスのレーザ光の照射位置は、上記と同様に、第2パルスの照射位置から溶接方向に向けて移動させ、第2溶融部と一部重なるように第3溶融部を形成する。さらに同様に、第4、第5、以降のパルスのレーザ光を順次照射する。

【0029】このように、本発明のレーザ溶接方法においては、レーザ光をパルス的に照射し、かつ、その照射タイミングを上記のごとく制御する。そのため、第1、第2、第3以降の各溶融部が凝固して形成される溶融凝固部は、略逆三角形の断面を有すると共に、その表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有するものとなる。

【0030】また、第1、第2および第3以降の各溶融部は、上記のごとく、順次急冷凝固部と緩冷凝固・冷却部とを形成して凝固が溶接方向に進行する。そのため、少なくとも上記高硬度層内部においては、急冷凝固された第1層と緩冷凝固・冷却された第2層とが交互に積層された状態で形成される。そして、第2層は凝固・冷却速度の関係から第1層よりも硬度が低く形成される。

【0031】したがって、本発明によれば、表面側には低硬度層を内部側には高硬度層を有しており、かつ、上記高硬度層は第1層（高硬度）と第2層（低硬度）とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなる溶融凝固・冷却部を形成することができる。

【0032】それ故、得られた溶接構造は、その冷却時における強い引張応力が生じても、割れを発生することなく、健全な構造を維持することができる。このように、本発明によれば、異種材質の金属部材であっても、溶接割れ等のない健全な溶融凝固部を得ることができるレーザ溶接方法を提供することができる。

【0033】次に、請求項6の発明のように、上記レーザ光のパルス周波数は100Hz以上であることが好ましい。100Hz未満の場合には、上記タイミングでのレーザ光の照射が困難であるという問題がある。一方、その上限値は、凝固時の冷却速度の変化が明瞭に現れないという理由により300Hz以下であることが好ましい。

【0034】また、請求項7の発明のように、上記レーザ光のパルスは、レーザ光を発射し続ける時間であるオン時間を T_{ON} 、レーザ光を止めている時間であるオフ時間を T_{OFF} とした場合、 $(T_{ON}/(T_{ON}+T_{OFF})) \times 100$ により示されるパルスオンデューティが30～75%であることが好ましい。

【0035】このパルスオンデューティが30%未満の場合には、オン時間における加熱とオフ時間における冷却とのバランスが冷却過多の傾向となり、上記低硬度層と高硬度層に分離した溶融凝固部の形成が困難となるという問題がある。一方、75%を超える場合には、上記バランスが加熱過多となってレーザ光の連続照射時と同様に上記第1層と第2層の交互の積層状態が実現できな

いという問題がある。

【0036】また、請求項8の発明のように、上記レーザ光は、上記第1部材と上記第2部材との接合界面の溶接速度が5mm/秒以上となるように照射することが好ましい。ここで、上記接合界面の溶接速度とは、接合界面におけるレーザ光の移動速度をいう。この接合界面の溶融速度が5mm/秒未満の場合にはレーザ光の単位時間当たりの移動量が少ないので、溶融部の上下の攪拌が進み上記低硬度層と高硬度層が形成されにくいという問題がある。

【0037】また、請求項9の発明のように、上記レーザ光は、溶融部の深さが上記第1部材の厚みの1.1～2.2倍となるように照射することが好ましい。1.1倍未満の場合には、接合界面での接合面積が不安定となり強度が安定しないという問題があり、一方、2.2倍を超える場合には溶融部の上下の攪拌が起こりやすくなり、上記低硬度層と高硬度層の形成が困難となるという問題がある。

【0038】また、請求項10の発明のように、上記溶融部は、上記レーザ光のパルス周期に合わせてその周期毎に段階的に凝固を進行させ、かつ、各周期毎の凝固長さは、レーザ光の移動方向において100μm以下であることが好ましい。ここで、上記凝固長さは、上述した急冷凝固部と緩冷凝固部とを合わせた長さをいう。

【0039】この場合には、上記の段階的に凝固して得られる結晶長さを100μm以下とすることができ、溶融凝固部の組織の微細化を図ることができる。なお、上記凝固長さの下限値は、上記高硬度層と低硬度層とを安定的に形成させるため、20μm以上であることが好ましい。

【0040】また、請求項11の発明のように、上記レーザ光がパルス・インターバル時間内に移動する距離は、上記溶融部接合界面の幅寸法の1/5以下であることが好ましい。1/5を超える場合には、上記各溶融部のずれ量が小さくなって凝固長さが長くなるので攪拌効果が増加して、上記低硬度層と高硬度層との安定的形成が困難となるという問題がある。一方、上記移動距離が短すぎる場合にはレーザ光の連続照射とどうようとなるため、1/20以上であることが好ましい。なお、上記パルス・インターバル時間とは、オンオフを繰り返すパルスにおいてパルスオン開始から次のパルスオン開始までの時間をいう。

【0041】また、請求項12の発明のように、上記レーザ光のパルス平均出力は、スロープ状又はステップ状に低下させて、上記溶融部の溶融深さが所定深さの範囲内に収まるように制御することが好ましい。この場合には、レーザ光の照射の繰返しによる金属部材内の蓄熱による溶融凝固部が深くなることを防止することができる。

【0042】また、請求項13の発明のように、溶接終

端部においては、上記レーザー光の平均出力をスロープ状に低下させてから上記レーザー光の照射を終了させることが好ましい。これにより、急激な入熱の終了による熱収縮応力による割れの発生を防止することができる。

【0043】次に、上記優れたレーザー溶接方法を用いて作製したものとして、次の発明がある。即ち、請求項14の発明のように、燃料を供給するための燃料供給路を有する固定コアと、該固定コアを囲うハウジングと、該ハウジングの先端に設けられ上記燃料を噴出するための噴出口を有する弁ボディと、該弁ボディ内において上記噴出口を開閉するよう進退可能に設けられたニードル弁と、該ニードル弁に接合されていると共に上記ハウジング内において電磁力により進退可能に設けられた可動コアとを有する内燃機関用の燃料噴射弁において、上記ニードル弁と上記可動コアとの接合は、請求項5～13のいずれか1項に記載の金属部材のレーザー溶接方法を用いていることを特徴とする内燃機関用の燃料噴射弁がある。

【0044】本発明において最も注目すべきことは、上記ニードル弁と可動コアとの接合を上記の金属部材のレーザー溶接方法を用いて行ったことである。上記ニードル弁は、上記噴出口の開閉動作を行うために、弁ボディとの当接動作を繰り返すので、靱性に優れた鋼、例えばフェライト系ステンレス鋼又は低炭素鋼等が使用される。一方、上記可動コアは、強磁性を得るために、例えばマルテンサイト系ステンレス鋼又は高炭素鋼等が用いられる。即ち、これら2部材には、異種金属が用いられる。

【0045】ここで、本発明においては、異種金属であるニードル弁と可動コアとの溶接を、上記優れたレーザー溶接方法により溶接する。これにより、これら2部品の間に得られるレーザー溶接構造は、上記のごとく、溶接割れ等の欠陥を有しない健全な構造となる。それ故、ニードル弁と可動コアとの間の溶接部の耐久性が大きく向上し、ひいては燃料噴射弁の耐久性の向上が得られる。

【0046】また、請求項15の発明のように、上記可動コアは、内孔を有する円筒状の接合筒部を有し、一方、上記ニードル弁は上記接合筒部の内孔内に挿入可能な接合端部を有し、両者は、上記接合筒部の内孔内に上記接合端部を挿入した状態で上記接合筒部の外方からその表面にレーザー光を照射して上記溶融凝固部を形成してなることが好ましい。この場合には、上記ニードル弁と可動コアとの接合部をさらに強固にすることができる。

【0047】

【発明の実施の形態】実施形態例1

本発明の実施形態例にかかるレーザー溶接構造及びそのレーザー溶接方法につき、図1、図2を用いて説明する。本例のレーザー溶接構造1は、図1(a)(b)に示すごとく、異種材質の金属材料よりなる第1部材11と第2部材12とを重ね合わせ、第1部材11の表面にレーザー光を照射して溶融凝固部2を形成してなる溶接構造であ

る。

【0048】溶融凝固部2は、図1(b)に示すごとく、第1部材11の表面側から内部に向けて徐々に幅が狭くなる略逆三角形の断面形状を有している。また溶融凝固部2は、その表面側には低硬度層21を内部側には高硬度層22を有している。かつ、高硬度層22は、第1層23と該第1層23よりも硬度が低い第2層24とを溶接進行方向に交互に繰返し積層してなる。

【0049】また、本例における第1部材11としては、フェライト系ステンレス鋼を、一方、第2部材12としてはマルテンサイト系ステンレス鋼を用いた。また、溶融凝固部2の深さDは、第1部材11の厚みTの1.1～2.2倍の範囲内に収められた。

【0050】次に、上記レーザー溶接構造1を得るためのレーザー溶接方法につき説明する。本例においては、第1部材11と第2部材12とを重ね合わせ、第1部材11の表面にレーザー光をパルス的に照射して溶融凝固部2を形成した。まず、図2に示すごとく、第1パルスのレーザー光81により第1部材11及び第2部材12を溶融させてなる第1溶融部31を形成した。

【0051】次いで、第1溶融部31の凝固の成長がレーザー光軸の移動距離の約1/2に達した時点において第2パルスのレーザー光82の照射を開始した。これにより、第1溶融部31と一部重なるように第2溶融部32を形成した。次いで、順次同様に第3以降のパルスのレーザー光83、84...を所定のインターバルでオン・オフしながら照射した。

【0052】このレーザー溶接方法につき、さらに詳しく作用と共に説明する。まず、本例におけるレーザー光8としてはパルスYAGレーザーを用い、そのパルス周波数を200Hz、パルスオンデューティを50%とした。これによりレーザーオン時間(T_{ON})とレーザーオフ時間(T_{OFF})とは同じ2.5msとなる。図2には、レーザー光の出力を縦軸に、時間を横軸にして示すと共に、各時点における溶接状態を(a)～(e)に示した。

【0053】図2(a)に示すごとく、第1パルスのレーザー光81により形成された第1溶融部31は、図2(b)に示すごとく、第2パルスのレーザー光82を照射する直前においてもレーザー光軸の移動距離の約1/2の凝固成長である。また、この凝固部分の凝固速度は速く、内部側の高硬度層22においては高硬度の第1層23となる。一方、上記凝固部分の表面側においては、フェライト系ステンレス鋼の第1部材を主体に凝固部分が構成され、さらに表面側の溶融体積が大きく凝固・冷却速度が内部側に対して遅いため、高硬度層22よりは硬度が低く靱性の高い状態で低硬度層21として凝固する。

【0054】次いで、図2(c)に示すごとく、第2パルスのレーザー光82を照射することにより、第1溶融部31と一部が重なるように第2溶融部32が形成され

11

る。一方、図2(c)に示すごとく、第1溶融部31のうちまだ凝固が完了していない部分は、第2パルスのレーザー光からの入熱により、冷却速度が緩和された状態で凝固・冷却(緩冷凝固・冷却)を進めていく。

【0055】そして、第1溶融部31の表面側は上記内部側より遅い凝固・冷却により形成された低硬度層21に連なって同様の低硬度層21となる。また、第1溶融部31の内部側は上記緩冷凝固・冷却によって第1層23よりも硬度の低い第2層24として凝固し、高硬度層22を構成する。なお、本例における第2層24の厚みは第1層23の厚みとほぼ同様となった。

【0056】また、これら低硬度層21及び高硬度層22により構成される溶融凝固部2の凝固方向、即ち結晶の成長方向は、レーザー光の移動方向(接合界面に平行な方向)となる。次いで、第2パルスのレーザー光の照射が完了した時点で第2溶融部32の急冷凝固が開始され、上記と同様に、溶融部の表面側においては低硬度層21を更に連ねて成長させ、内部側においては高硬度層22として第1層23が形成される。

【0057】次いで、第3パルスのレーザー光83の照射を開始することにより、第2溶融部の未だ凝固していなかった部分は、冷却速度を緩和させた状態で凝固を進める。これにより、第2溶融部の表面側においては更に低硬度層21が成長すると共に、内部側においては再び第2層24が形成されて高硬度層22が成長する。

【0058】そして、図2(d)に示すごとく、第3パルスのレーザー光83が照射完了する時点においては、第2溶融部32と一部重なるように第3の溶融部33が形成される。次いで、第3パルスのレーザー光83が停止した直後から第3溶融部33が急冷凝固を始める。

【0059】そして、図2(e)に示すごとく、これ以降、第4、第5...パルスのレーザー光照射を上記タイミングにおいて繰り返すことにより、上記と同様に、溶融部の表面側では低硬度層21が成長を続け、内部側では第1層23と第2層24の形成が繰り返されて高硬度層22が成長を続ける。また、これらの成長は、レーザー光の照射タイミングに合わせて段階的に進行する。

【0060】その結果、溶融凝固部2は、段階的に成長した結晶の集合となり、非常に複雑な組織となる。また、溶融凝固部2は、低硬度層21と高硬度層22を有する2層構造の状態で形成される。さらに高硬度層22は、比較的高硬度の第1層23とこれによりも低硬度の第2層24とを交互に積層させた状態で形成される。なお、低硬度層21の硬度はHv230~280、高硬度層22の硬度はHv400~800であった。

【0061】このように、本例において得られる溶融凝固部2は、低硬度層21と高硬度層22とを有し、かつ高硬度層22には上記第1層23と第2層24を交互に積層してなる。そのため、その冷却時においては、割れを生じない。即ち、溶融凝固部2の冷却時には引張応力

12

が生じ、その応力は幅の広い表面側ほど大きなものとなる。溶融凝固部2の表面側には、上記のごとく低硬度層21が位置している。低硬度層21は硬度が低く、優れた靱性を有している。そのため、熱収縮による強い引張応力が加えられてもこれに耐えることができる。

【0062】また、高硬度層22は、上記のごとく第1層23と第2層24とを交互に積層して形成されている。また、第2層24は、比較的高度が低く優れた靱性を発揮する層である。そのため、高硬度層22全体においても優れた靱性が発揮され、溶融凝固部2の内部側の割れ防止をも図ることができる。従って、本例のレーザー溶接構造1は、割れのない健全な状態で得られる。

【0063】比較例1

次に、本例の効果をさらに明確にするため、従来のレーザー溶接方法により第1部材11及び第2部材12をレーザー溶接した。具体的には、図3に示すごとく、パルスYAGレーザーの周波数を10Hzとし、また、パルスオンデューティを20%とした。これによりレーザーON時間は20ms、レーザーオフ時間は80msとなる。

【0064】その他の条件は実施形態例1と同様の条件とした。本比較例においては、図3に示すごとく、第1パルスのレーザー光81を照射完了したのちのパルスオフ時間(TOFF)が実施形態例1の場合よりも十分に長い。そのため、レーザー光81により形成された溶融部31は、第2パルスのレーザー光82を照射する前に凝固が完了して溶融凝固部902が形成される。この溶融凝固部902は、この時点においては硬い内部層922と軟らかい外部層921とに分かれて完全に凝固する。また、その冷却過程において、溶融凝固部902には割れ99が生じてしまう。

【0065】次に、第2パルスのレーザー光82を照射することにより、第1溶融部31により形成された溶融凝固部902と一部重なるように第2溶融部32が形成される。この溶融部32が形成されても、溶融凝固部902における割れ99は完全には消失しない。

【0066】また、溶融部32は、次の第3パルスのレーザー光を照射する前に凝固が完了し、溶融凝固部902が拡大する。また、溶融凝固部902における硬い内部層922は徐々に上方へ成長し、ついには深さ方向全面において硬い内部層22が存在するようになる。そして、溶融凝固部902においては、上記の残存した割れ99を起点として、収縮時に新たな割れ99が発生する。即ち、本比較例においては、凝固と溶融とが繰り返され行われると共に、頻度の高い割合で割れが発生する。

【0067】以上の比較例1と実施形態例1との結果から、異種材質よりなる第1部材11及び第2部材12を溶接する場合においては、従来のレーザー溶接方法によれば割れが発生するが、本発明のレーザー溶接方法を用いることにより、割れの発生を回避することができ、上記の健全なレーザー溶接構造1を得ることができることがわか

10

20

30

40

50

る。

【0068】実施形態例2

本例においては、図4に示すごとく、従来例で示した摺動部材91と磁性部材92(図10)を組み合わせて溶接した具体例である。本例においては、実施形態例1と同様のレーザ溶接方法を用いると共に、図4(b)に示すごとく、そのレーザ光のパルス平均出力 P_m を、途中から連続的に低下させた。その他は実施形態例1と同様とした。

【0069】本例により得られたレーザ溶接構造は、図4(a)に示すごとく、溶融凝固部2が表面側に位置する低硬度層21と内部側に位置する高硬度層22とよりなる2層構造となった。さらに高硬度層22は、高硬度の第1層と低硬度の第2層を溶接方向に交互に積層した構造となった。また、溶融凝固部2は、レーザ溶接開始部Sから終了部Eまでの間において、殆ど均一な深さに制御された。また、割れの発生は認められなかった。

【0070】次に、本例においては、比較のため、図5(b)に示すごとく、上記レーザ光のパルス平均出力 P_m を最初から最後まで同じにしたレーザ溶接も行った。その他は上記と同様とした。その結果、図5(a)に示すごとく、得られた溶接構造は、レーザ溶接開始部Sから終了部Eに向かって、徐々に溶融凝固部2の深さが深くなった。これは、第1部材11及び第2部材12への蓄熱の影響と考えられる。また、溶融凝固部2の深さが深くなった部分には、割れ99も発生した。

【0071】上記の結果から、溶融凝固部2を比較的長い距離に形成する場合には、その深さが深くなりすぎないように、レーザ光8のパルス平均出力 P_m を途中で低下させることが重要であることがわかる。なお、本例においては、パルス平均出力 P_m を連続的にスロープ状に低下させたが、これに代えてステップ状に低下させても同様の効果が得られる。

【0072】実施形態例3

本例においては、図6(b)に示すごとく、レーザ光のパルス平均出力 P_m を途中でステップ状に低下させると共に、さらにレーザ光照射終了時には、徐々にスロープ状に低下させて最終的に出力を0から出力スロープ低下前の1/2以下とした。その他は実施形態例2と同様とした。

【0073】この結果、図6(a)に示すごとく、溶融凝固部2は、低硬度層21と高硬度層22とを有すると共に、高硬度層22内には高硬度の第1層と低硬度の第2層を溶接方向に交互に積層した構造となり、割れの無い健全な溶接構造となった。また、この場合には、レーザ光の照射を終えた際に生じる可能性のある、急激な入熱の終了による熱衝撃的な応力による割れの発生を確実に防止することができる。その他は実施形態例1、2と同様の効果が得られる。

【0074】実施形態例4

本例は、実施形態例1のレーザ溶接方法を利用して作製した製品である、燃料噴射弁4の具体例である。図7に示すごとく、本例の燃料噴射弁4は、燃料を供給するための燃料供給路50を有する固定コア5と、該固定コア5を囲うハウジング40と、該ハウジング40の先端に設けられ上記燃料を噴出するための噴出口60を有する弁ボディ6とを有する。

【0075】また、燃料噴射弁4は、弁ボディ6内において上記噴出口60を開閉するよう進退可能に設けられたニードル弁65と、該ニードル弁65に接合されていると共にハウジング40内において電磁力により進退可能に設けられた可動コア7とを有する。そして、上記ニードル弁65と可動コア7との接合は、実施形態例1に示したレーザ溶接方法を用いて行った。

【0076】以下、これを詳説する。本例のハウジング40は、図7に示すごとく、第1ハウジング401、第2ハウジング402、第3ハウジング403を組合わせて構成してある。このハウジング40には、上記固定コア5が保持されていると共に、その下方に、可動コア7、スペーサ69を介して弁ボディ6が配設されている。

【0077】上記固定コア5は、同図に示すごとく、その内部に燃料供給路50を有していると共に、その上流端には、燃料の流入口51を有すると共に、異物混入防止のためのフィルター52を配設してある。フィルター52の下流には、スプリング54の付勢力を調整するための、円筒状のアジャスティングパイプ53を配設してある。

【0078】固定コア5の下方には、第1ハウジング401内において進退可能に保持された可動コア7を配設してある。可動コア7は、同図に示すごとく、上記スプリング54により、下方に向けて付勢されている。そして、可動コア7には、上記スペーサ69を貫通して配された上記ニードル弁65が接合されている。ニードル弁65は、上記可動コア7と共に進退し、その先端部651を弁ボディ6に当接させることにより、上記噴出口60を閉じることができるよう構成されている。

【0079】また、上記固定コア5と第1ハウジング401との間には、樹脂製のスプール45に巻回された電磁コイル46が配設されている。電磁コイル46への電力供給は、樹脂製のコネクタ47内に設けたターミナル48を介して行うよう構成してある。そして、本例の燃料噴射弁4は、この電磁コイル46により所定の磁界を生じさせることによって、磁性体である上記可動コア7の進退制御を行うように構成してある。

【0080】次に、図8に示すごとく、上記可動コア7とニードル弁65とは、互いの接合筒部76と接合端部659とを係合させた状態でレーザ溶接した。本例では、ニードル弁65としてはフェライト系ステンレス鋼を、一方、可動コア7としてはマルテンサイト系ステン

レス鋼を用いた。

【0081】上記可動コア7は、図7、図8に示すごとく、可動コア7は、内孔75を有する円筒状の接合筒部76を有する。なお、可動コア7は、その上面にスプリング54を受ける凹部78（図7）を有すると共に、中央に燃料通過用の貫通穴79を有している。

【0082】上記ニードル弁65は接合筒部76の内孔75内に挿入可能な接合端部659を有している。接合端部659は、円の一部分をその上下において切断した断面形状（図9参照）を有している。また、ニードル弁65は、上記当接部651を有する第1軸部652と、これと径の異なる第2軸部653、第3軸部654を順次連ねて有すると共に、弁ボディ6の内孔605と摺動する摺動部655を有している。摺動部655は、円の4方を切断した形状を有している。また、摺動部655の上方には、第4軸部656、大径のストップ部657、第5軸部658を介して上記接合端部659が設けられている。

【0083】そして、図9に示すごとく、これら2部品の接合は、可動コア7の接合筒部76の内孔75内にニードル弁65の接合端部659を挿入した状態で、接合筒部76の外方からその表面にレーザー光を照射して溶融凝固部2を形成することにより行った。また、この溶融凝固部2の形成は、同図に示すごとく、接合筒部76と接合端部659の2箇所の接触部（接合端部659の円弧部）において行った。

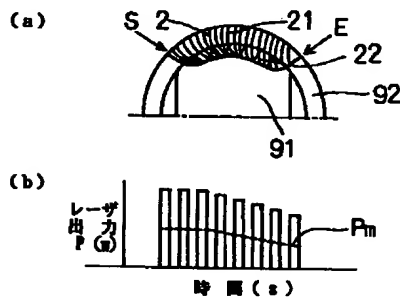
【0084】レーザー溶接の条件等は、実施形態例1と同様とした。得られた溶融凝固部2は、上述した図1

(a) (b) に示すごとく、実施形態例1の場合と同様の構造となった。そして、ニードル弁65と可動コア7との接合部は、溶接割れ等の欠陥のない健全な構造となった。それ故、ニードル弁65と可動コア7との間の溶接部の耐久性が大きく向上し、燃料噴射弁全体の耐久性の向上を図ることができた。

【図面の簡単な説明】

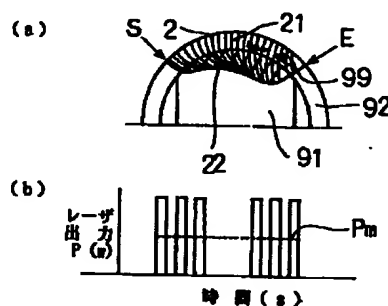
【図4】

(図4)



【図5】

(図5)



【図1】実施形態例1のレーザー溶接構造の、(a)横断面、(b) (a)のA-A線矢視断面、の説明図。

【図2】実施形態例1における、レーザー溶接方法を示す説明図。

【図3】比較例1における、レーザー溶接方法を示す説明図。

【図4】実施形態例2における、(a)レーザー溶接構造、(b)レーザー光の出力推移、を示す説明図。

【図5】実施形態例2中の比較例における、(a)レーザー溶接構造、(b)レーザー光の出力推移、を示す説明図。

【図6】実施形態例3における、(a)レーザー溶接構造、(b)レーザー光の出力推移、を示す説明図。

【図7】実施形態例4における、燃料噴射弁の構造を示す説明図。

【図8】実施形態例4における、燃料噴射弁の、(a)ニードル弁、(b)可動コアを示す説明図。

【図9】実施形態例4における、溶接構造を示す、図7のB-B線矢視断面図。

【図10】従来例における、(a)摺動部材、(b)磁性部材、の斜視図。

【図11】従来例における、機械的かしめによる接続構造を示す説明図。

【図12】従来例における、レーザー溶接法による溶接構造を示す説明図。

【図13】従来例における、レーザー溶接構造の不具合を示す説明図。

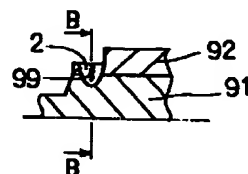
【図14】図14のB-B矢視断面図。

【符号の説明】

- 1...レーザー溶接構造、
- 11...第1部材、
- 12...第2部材、
- 2...溶融凝固部、
- 21...低硬度層、
- 22...高硬度層、

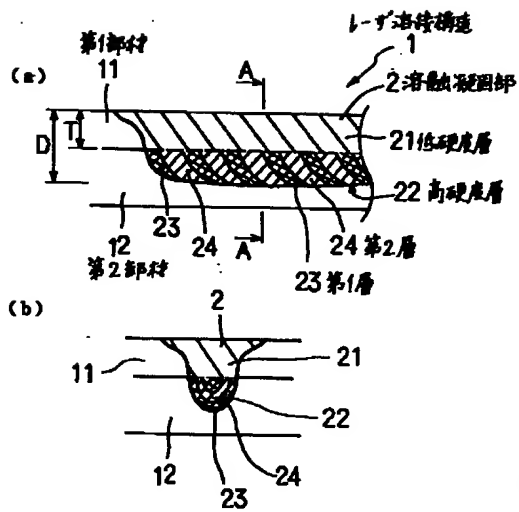
【図13】

(図13)



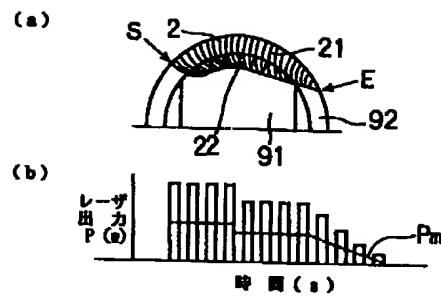
【図1】

(図1)



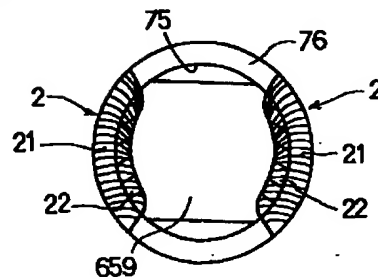
【図6】

(図6)

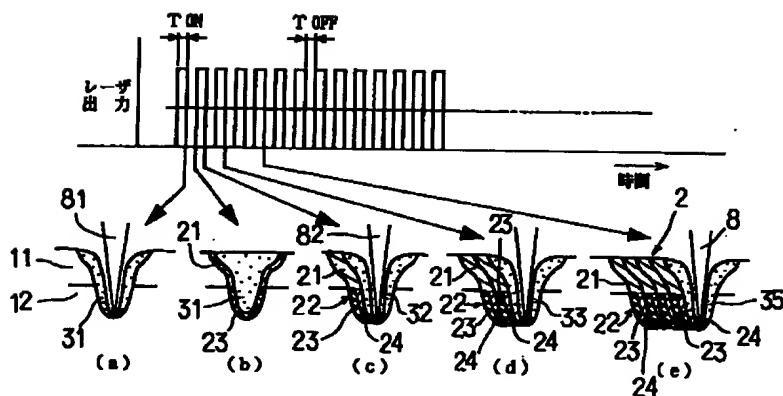


【図9】

(図9)



【図2】

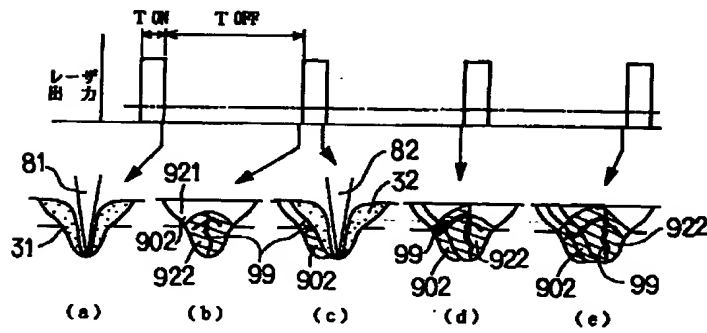


【図14】

(図14)

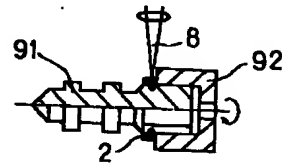


【図3】



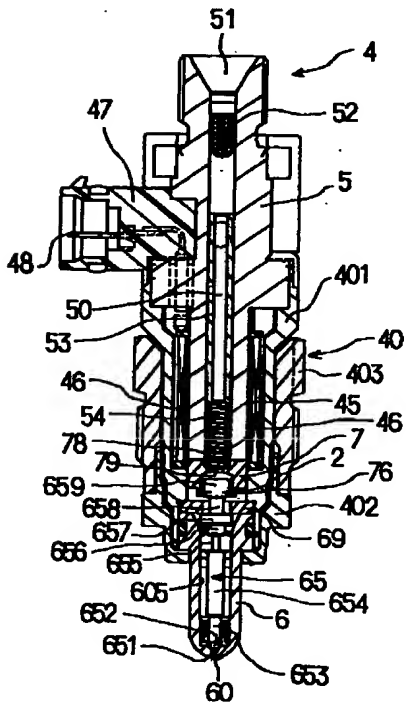
【図12】

(図12)



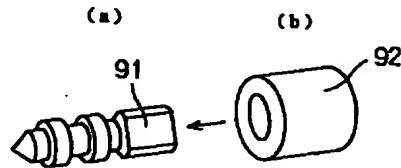
【図7】

(図7)



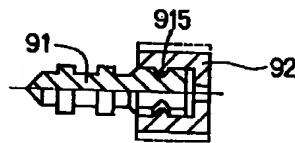
【図10】

(図10)

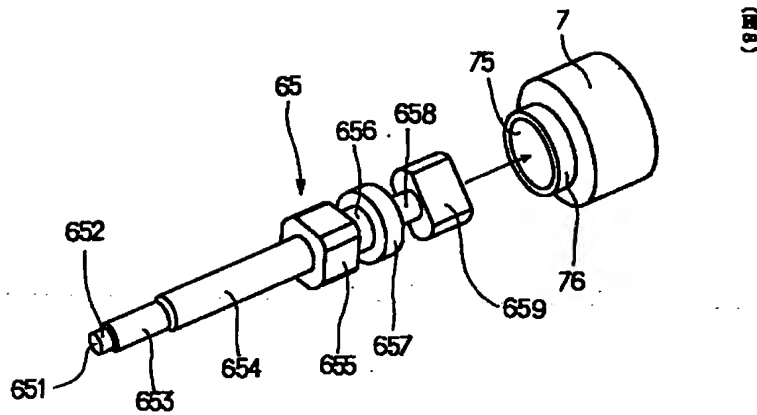


【図11】

(図11)



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 白井 秀彰
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 丹羽 豊
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内